



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift
⑩ DE 44 19 317 A 1

⑤① Int. Cl.⁵:
B 62 D 6/00

②① Aktenzeich n: P 44 19 317.3
②② Anmeldetag: 1. 6. 94
④③ Offenlegungstag: 8. 12. 94

DE 44 19 317 A 1

③③ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
02.06.93 JP 5-154523

⑦① Anmelder:
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:
Weickmann, H., Dipl.-Ing.; Fincke, K., Dipl.-Phys.
Dr.; Weickmann, F., Dipl.-Ing.; Huber, B.,
Dipl.-Chem.; Liska, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Prechtel,
J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Böhm, B., Dipl.-Chem.Univ.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 81679 München

⑦② Erfinder:
Asanuma, Nobuyoshi, Wako, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ System zur Steuerung eines Fahrzeugs auf Basis der Schätzung der Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers

⑤⑦ Die Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers wird danach bestimmt, wie der Fahrer eines Fahrzeugs bei der Fahrt dieses bedient. Die Fahrt läßt sich durch Vergleich eines aktuellen Fahrwegs des Fahrzeugs mit einem idealen oder Bezugsfahrzeugfahrweg abschätzen. Die geschätzte Fahrerfahrung wird als ein Steuerparameter eines Fahrzeuglenksystems verwendet, welches beispielsweise eine von der Gierrate des Fahrzeugs abhängige Lenkeigenschaft vorsieht oder der Gierrate des Fahrzeugs entsprechende Reaktion hervorruft, die einem Lenkeingangssignal entgegenwirkt. Somit wird ein erfahrener Fahrzeugfahrer die flotte Handhabung des Fahrzeugs begrüßen und kann das Fahrzeug wunschgemäß manövrieren, während ein unerfahrener Fahrzeugfahrer die stabile Handhabung des Fahrzeugs begrüßen und das Fahrzeug leichter zu handhaben und weniger ermüdend empfinden wird.

DE 44 19 317 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 94 408 049/587

17/32

Die Erfindung betrifft ein System zum Schätzen der Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers und ein Steuersystem, insbesondere ein Fahrzeuglenksteuersystem, das seine Steuerwirkung gemäß der Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers optimieren kann.

Herkömmliche Fahrzeugsteuersysteme dienen zur Verbesserung der Querstabilität des Fahrzeugs und der Fahrbarkeit des Fahrzeugs. Solche Fahrzeugsteuersysteme umfassen Traktionssteuersysteme und Vierradlenksysteme. Solche Fahrzeugsteuersysteme dienen zur optimalen Steuerung der Drossel, der Bremse, des Lenksystems oder anderer Teile des Fahrzeugs gemäß dynamischen Eigenschaften des Fahrzeugs, dynamischen Zuständen des Fahrzeugs und von dem Fahrzeugfahrer ausgeführten Bedienungsvorgängen. Wenn es sich um einen erfahrenen, versierten Fahrzeugfahrer handelt, der die dynamischen Eigenschaften des Fahrzeugs gut kennt, braucht er keine Unterstützung durch solche Steuersysteme und empfindet solche Unterstützung möglicherweise überflüssig und unerwünscht.

Beispielsweise gemäß dem in der japanischen Offenlegungsschrift (Kokai) Nr. 3-217362 vorgeschlagenen System wird das Können des Fahrzeugfahrers danach bewertet, wie schnell er einen korrigierenden Lenkvorgang durchführt, wenn das Fahrzeug durch eine Differenz der Traktionen der rechten und linken Räder gegen den Willen des Fahrzeugfahrers gelenkt wird. Vorgeschlagen wurde, einen bestimmten Differenzbetrag zwischen den Traktionen der linken und rechten Räder zuzulassen, wenn die Erfahrung des Fahrzeugfahrers relativ hoch ist, und die Differenz der Traktionen der linken und rechten Räder zu steuern, wenn der Fahrzeugfahrer relativ wenig erfahren ist.

Gemäß der in der japanischen Patentoffenlegungsschrift (Kokai) Nr. 4-303007 vorgeschlagenen Erfindung schätzt das System, auf welcher Straßenart, etwa einer Stadtstraße, einer Landstraße oder einer Autobahn das Fahrzeug fährt, und zwar aus der Querbesehleunigung, der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs und anderen Parametern, und schätzt die Erfahrung des Fahrzeugfahrers gemäß der Querbesehleunigung, dem Straßenzustand und dem Lenkwinkel. Weiter abgeschätzt wird, wenn der Fahrzeugfahrer in Eile ist. In Abhängigkeit von den Ergebnissen solcher Schätzung wählt das System einen geeigneten Fahrmodus aus verschiedenen Modi, etwa einem Sportmodus und einem Normalmodus des Fahrzeugs, für das Vierradlenksystem oder andere Systeme des Fahrzeugs, so daß die Fahrbarkeit des Fahrzeugs gemäß derart geschätzter Daten verbessert werden kann.

Gemäß dem Vorschlag der japanischen Patentoffenlegungsschrift (Kokai) Nr. 3-217362 kann die Erfahrung des Fahrzeugfahrers jedoch nur dann bewertet werden, wenn das Fahrzeug durch eine Differenz der Traktionen der rechten und linken Räder gelenkt wird. Diese Situation liegt in den meisten Fällen nicht vor. Weil weiter die Erfahrung des Fahrzeugfahrers sogar für denselben Fahrzeugfahrer von dem Straßenzustand abhängt, würde dieses vorgeschlagene System dessen Erfahrung nicht konstant bewerten können und für jeden neuen Straßenzustand sofort erneuern können, und das Fahrzeugsteuersystem würde für die meiste Zeit nicht optimiert werden.

Der Vorschlag der japanischen Patentoffenlegungsschrift (Kokai) Nr. 4-303007 hat auch seine Nachteile. Weil die Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers, geschätzt

aus der Querbesehleunigung, den Straßenzuständen und dem Lenkwinkel, als Steuerdaten in einem System positiver Rückkopplung verwendet werden, ist die Steuerwirkung zu jedem Zeitpunkt nicht notwendigerweise optimiert. Insbesondere ist dieses System in einer Situation ungeeignet, in der sich der Straßenzustand ständig ändert und das Fahrzeug häufig unerwarteten Störungen ausgesetzt ist.

Im Hinblick auf diese Probleme herkömmlicher Technik ist es primäres Ziel der vorliegenden Erfindung ein Steuersystem für ein Fahrzeuglenksystem aufzuzeigen, das mit Mitteln zum Schätzen und Bewerten der Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers versehen ist, so daß das Fahrzeuglenksystem optimiert werden kann, indem es die Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers berücksichtigt.

Ein zweites Ziel der Erfindung ist es, ein Steuersystem für ein Fahrzeuglenksystem aufzuzeigen, welches das Fahrzeuglenksystem gemäß der Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers immer in einem optimalen Betriebszustand halten kann.

Ein drittes Ziel der Erfindung ist es, ein System zum Schätzen der Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers aufzuzeigen, das dessen Erfahrung ständig überwachen kann und daher jederzeit erneuerte Daten bereitstellen kann, selbst wenn seine Erfahrung von den Straßenzuständen und anderen variablen Faktoren abhängt.

Ein viertes Ziel der Erfindung ist es, ein Steuersystem für ein Fahrzeuglenksystem aufzuzeigen, welches das Fahrzeug so anpassen kann, daß es den Wünschen sowohl erfahrener als auch unerfahrener Fahrer entspricht.

Diese und andere Ziele der Erfindung lassen sich durch ein System erreichen, welches die Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers gemäß einem von dem Fahrzeugfahrer durchgeführten Bedienungsvorgang abschätzt, umfassend: Mittel zum Bestimmen eines aktuellen Fahrwegs eines Fahrzeugs; Mittel zum Bestimmen eines Bezugsfahrwegs gemäß einem von dem Fahrzeugfahrer ausgeführten Bedienungsvorgang; Mittel zum Integrieren einer Abweichung zwischen dem Bezugsfahrweg und dem aktuellen Fahrweg; und Mittel zum Vergleichen eines von dem Integriermittel erzeugten Werts mit einem vorbestimmten Bezugswert und Bewerten der Fahrerfahrung gemäß einem Ergebnis des Vergleichs.

Erfindungsgemäß läßt sich daher die Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers bei allen Straßenzuständen genau schätzen und das Fahrzeugsteuersystem läßt sich gemäß der geschätzten Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers jederzeit optimal steuern.

Die Bewertung der Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers auf Basis solcher Daten läßt sich in verschiedener Weise erreichen. Beispielsweise lassen sich zu diesem Zweck Algorithmen und Computersysteme verwenden, bekannt unter den Namen Modellbildung durch neuronale Netzwerke, Fuzzy-Steuerung und Expertensysteme.

Das Mittel zur Bestimmung eines Bezugsfahrwegs kann alternativ aus einem Mittel zum Bestimmen eines Bezugsfahrwegs aus Daten bestehen, die sich aus einer vorprogrammierten Karte eines weltweiten Ortungssystems (GPS) ergeben. Bevorzugt kann die Schätzung der Fahrerfahrung den Straßenzustand berücksichtigen, wie er die Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers beeinflusst.

Die Erfindung zeigt weiter ein System zur Steuerung eines Fahrzeuglenksystems gemäß einem Betriebszustands des Fahrzeugs, umfassend: Mittel zum Erfassen

eines Betriebszustands des Fahrzeugs; Mittel zum Steuern der Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß Daten des von den Erfassungsmitteln erfaßten Betriebszustands; Mittel zum Schätzen einer Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers gemäß einem von dem Fahrzeugfahrer durchgeführten Bedienungsvorgang; und Mittel zum Modifizieren einer Eigenschaft des Steuermittels gemäß der von dem Fahrerfahrungsschätzmittel erfaßten Fahrerfahrung.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung umfaßt der Betriebszustand eine Gierbewegung des Fahrzeugs, und ein Eingriffspegel des Steuermittels auf die Lenkvorrichtung wird verringert, wenn die erfaßte Fahrerfahrung relativ hoch ist. Somit wird ein erfahrener Fahrzeugfahrer aus, der flotten Handhabung des Fahrzeugs Nutzen ziehen und kann das Fahrzeug nach seinem Willen manövrieren, während ein unerfahrener Fahrzeugfahrer aus der stabilen Handhabung des Fahrzeugs Nutzen ziehen wird und er das Fahrzeug einfacher zu handhaben und weniger ermüdend empfindet.

Bevorzugt gibt das Steuermittel ein Antriebssignal an ein Servobetätigungsglied aus, um eine Abweichung einer aktuellen Gierrate von einer Bezugsgierrate zu beseitigen, die aus Daten einschließlich eines Lenkeingangssignals und einer Fahrzeuggeschwindigkeit berechnet ist. Das Servobetätigungsglied kann entweder Vorderräder oder Hinterräder des Fahrzeugs lenken. Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführung der Erfindung gibt das Steuermittel ein Antriebssignal für ein Servobetätigungsglied der Lenkvorrichtung gemäß einem dynamischen Zustand des Fahrzeugs aus, und das Modifizierungsmittel modifiziert eine Eigenschaft des Steuermittels, um die Ansprechempfindlichkeit des Betätigungsglieds zu mindern.

Gemäß einer noch weiteren Ausführung der Erfindung umfaßt das Fahrzeuglenksystem ein Reaktionserzeugungsmittel, welches eine Lenkreaktion an das Lenkrad des Fahrzeugs in Abhängigkeit von der gegenwärtigen Gierrate des Fahrzeugs anlegt, und eine Reaktionsstärke ist kleiner, wenn die erfaßte Fahrerfahrung relativ hoch ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Hinweis auf die beigefügten Zeichnungen erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch eine erste Ausführung der Erfindung, konstruiert als elektrisches Servolenksystem;

Fig. 2 zeigt im Blockdiagramm die erfindungsgemäße Fahrerfahrungs-Schätzvorrichtung;

Fig. 3 zeigt das Prinzip der Fahrerfahrungs-Schätzvorrichtung;

Fig. 4 zeigt im Flußdiagramm den Betrieb der Fahrerfahrungs-Schätzvorrichtung;

Fig. 5 zeigt im Diagramm die Abweichung eines aktuellen Fahrwegs eines Fahrzeugs von einem Ziel- oder Bezugsfahrweg;

Fig. 6 zeigt im Blockdiagramm eine μ -Schätzvorrichtung;

Fig. 7 zeigt im Flußdiagramm den Prozeß der Schätzung von μ ;

Fig. 8 zeigt im Flußdiagramm den Prozeß zum Erzeugen einer Lenkreaktion;

Fig. 9 zeigt perspektivisch eine zweite Ausführung der Erfindung, konstruiert als ein aktives Vierradlenksystem;

Fig. 10 zeigt im Blockdiagramm eine Steuervorrichtung für das in Fig. 9 gezeigte aktive Vierradlenksystem;

Fig. 11 zeigt im Flußdiagramm den Steuerablauf des

in Fig. 9 gezeigten aktiven Vierradlenksystems;

Fig. 12 zeigt im Blockdiagramm eine Steuervorrichtung einer dritten Ausführung, konstruiert als semi-aktives Vierradlenksystem; und

Fig. 13 zeigt im Flußdiagramm den Steuerablauf des in Fig. 12 gezeigten semi-aktiven Vierradlenksystems.

Fig. 1 zeigt die Gesamtstruktur einer ersten Ausführung der Erfindung, ausgebildet als elektrisches Lenkservosystem. Ein Lenkrad 1 ist mittels einer Lenkwelle 2 mit einer Zahnstangen/Zahnradlenkvorrichtung 3 verbunden, und die Lenkvorrichtung 3 ist mit einer Servounterstützungsvorrichtung 4 mit einem Elektromotor versehen, um das Lenkeingangssignal von dem Lenkrad 1 zu unterstützen. Die Servounterstützungsvorrichtung 4 ist durch eine ECU 5 gesteuert, die verbunden ist mit einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 7, einem Gierratensensor 8, einem Querbeschleunigungssensor 9, einem Lenksensor 10, bestehend aus einem Drehwinkelcodierer zum Erfassen des Lenkwinkels, der Lenkwinkelgeschwindigkeit und der Lenkwinkelbeschleunigung des Lenkrads 1, und einem Drehmomentsensor zum Erfassen des an die Lenkwelle 2 angelegten Drehmoments. Zusätzlich ist die ECU 5 mit einer Fahrerfahrungs-Schätzvorrichtung 13 verbunden, welche die Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers schätzt, wie nachfolgend beschrieben, und seine Erfahrung oder sein Können nach einer Skala von fünf Pegeln bewertet.

Zu Fig. 2. Die Fahrzeugerfahrungsschätzvorrichtung 13 enthält eine CPU mit einem ROM, einem RAM, einer Eingangseinheit und einer Ausgangseinheit, welche der CPU zugeordnet sind. An die Eingangseinheit sind angeschlossen der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 7, der Lenksensor 10, ein Bremspedalsensor 15 zum Erfassen des Hubs, der Geschwindigkeit und der Kraft beim Drücken auf das Bremspedal, ein Drosselsensor 16 zum Erfassen des Hubs und der Geschwindigkeit beim Drücken auf das Gaspedal, ein Gierratensensor 17 und eine μ -Schätzvorrichtung 18 zum Schätzen des Reibkoeffizienten μ auf der Straßenoberfläche, um Daten von diesen Sensoren und Vorrichtungen der CPU der Fahrerfahrungs-Schätzvorrichtung 13 zuzuführen.

Die aktuelle Schätzung der Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers wird unter Verwendung eines neuronalen Netzwerks durchgeführt, wie es in Fig. 3 gezeigt ist, und seine Erfahrung wird durch die Skala von fünf Pegeln gemäß den Ausgangssignalen der Sensoren und dem geschätzten Reibkoeffizienten μ der Straßenoberfläche bewertet. Das neuronale Netzwerk hat eine Lernfähigkeit und kann die Fahrerfahrung unter verschiedenen Bedingungen genau bestimmen.

Der Prozeß zur Schätzung der Fahrerfahrung wird im folgenden unter Bezug auf das Flußdiagramm von Fig. 4 beschrieben. In den Schritten 1 und 2 wie der Gierwinkel Θ_n des Fahrzeugs aus der Gierrate bestimmt, die mit regelmäßigen Intervallen durch den Gierratensensor 17 erfaßt wird, und die Position X, Y des Fahrzeugs wird gemäß folgenden Gleichungen bestimmt. Die erhaltenen Positionen werden durch eine Splinekurve miteinander verbunden. Ein Krümmungsradius R der Splinekurve wird als eine Annäherung des Kurvenradius des Fahrwegs bzw. der Trajektorie des Fahrzeugs berechnet, und man erhält den aktuellen Fahrweg bzw. die aktuelle Trajektorie des Fahrzeugs, wie in Fig. 5 mit der durchbrochenen Linie gezeigt.

$$X_{i+1} = V \cdot \delta t \cdot \cos \Theta_n + X_i$$

$$Y_{i+1} = V \cdot \delta t \cdot \sin \Theta_n + Y_i$$

wobei X_i und Y_i die Koordinaten des Fahrzeugs zum Zeitpunkt i sind, V die Fahrzeuggeschwindigkeit und δt das Zeitinkrement ist.

Gleichzeitig erhält man in den Schritten 3 und 4 aus dem Lenkwinkel, der Lenkwinkelgeschwindigkeit, der Lenkwinkelbeschleunigung, der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem Pedalhub, der Pedalbetätigungsgeschwindigkeit und der Druckkraft auf das Bremspedal, dem Pedalhub und der Betätigungsgeschwindigkeit des Gaspedals und dem geschätzten Reibkoeffizienten μ der Straßenoberfläche einen mit der durchgehenden Linie in Fig. 5 gezeigten Soll-Fahrweg gemäß folgenden Gleichungen

$$\gamma = \Theta_f \cdot V / (1 + A \cdot V^2) \cdot L$$

$$A = \{(L_f \cdot K_f - L_r \cdot K_r) / K_f \cdot K_r\} \cdot (-M / 2L^2)$$

wobei γ die Gierrate, Θ_f der Vorderradlenkwinkel, L der Radstand (Abstand zwischen den Vorder- und Hinterrädern) des Fahrzeugs, L_f und L_r die Abstände der Vorderräder und der Hinterräder vom Schwerpunkt des Fahrzeugs, K_f und K_r die Seitenführungskräfte der Vorder- bzw. Hinterräder und M das Trägheitsmoment des Fahrzeugs ist. Der Ausdruck A ist ein Stabilitätsfaktor.

Wenn es sich um einen erfahrenen Fahrzeugfahrer handelt, ist die Abweichung zwischen dem aktuellen Fahrweg und dem Soll-Fahrweg relativ klein. In Schritt 5 wird ein integrierter Wert δ der Abweichung bezüglich der Zeit berechnet. In Schritten 6 bis 9 wird die Erfahrung des Fahrzeugfahrers bewertet und gemäß dem integrierten Wert δ der Abweichung in einen von fünf Pegeln klassifiziert, "sehr gut", "gut", "mäßig", "schlecht" und "sehr schlecht".

In dieser Ausführung erhielt man den Soll-Fahrweg des Fahrzeugs aus dem Lenkwinkel, der Lenkwinkelgeschwindigkeit und der Lenkwinkelbeschleunigung des Lenkrads, der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem Pedalhub, der Pedalbetätigungsgeschwindigkeit und der Druckkraft des Bremspedals, dem Pedalhub und der Betätigungsgeschwindigkeit des Gaspedals und dem geschätzten Reibkoeffizienten μ der Straßenoberfläche, jedoch kann man einen Soll-Fahrweg des Fahrzeugs gemäß aus einem Navigationssystem erhaltenen Daten erhalten, welches ein Satelliten-gestütztes weltweites Ortungssystem (GPS) und/oder einen Gierratenkreisel-sensor verwendet, wie es in Fig. 2 mit 19 bezeichnet ist.

Wie in Fig. 6 gezeigt, enthält die μ -Schätzvorrichtung 18 intern eine CPU mit einem ROM, RAM, einer Eingangseinheit und einer Ausgangseinheit, die der CPU zugeordnet sind. Die Eingangseinheit ist an einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 7 und einen Straßenlärmsensor 20 geschlossen und leitet die davon erhaltenen Daten an die CPU.

Die aktuelle Schätzung des Reibkoeffizienten μ wird unter Verwendung eines neuronalen Netzwerks durchgeführt, wie es in Fig. 5 gezeigt ist, und durch die Skala von fünf Pegeln gemäß den Ausgängen aus den Sensoren bewertet. Der Prozeß zur Schätzung des Reibkoeffizienten μ wird nun unter Bezug auf das Flußdiagramm von Fig. 7 beschrieben. Zuerst erhält man in Schritten 11 und 12 die Fahrzeuggeschwindigkeit und das Schalldrucksignal aus den entsprechenden Sensoren, und in Schritten 13 und 14 wird der Straßenzustand durch das neuronale Netzwerk gemäß der Skala von fünf Pegeln, "trocken", "naß", "verschneit", "Pulverschnee" und "ver-eist" bewertet.

Die ECU 5 führt zusätzlich zu der normalen Kraftunterstützungssteuerung eine Lenkreaktionssteuerung durch, um auf den Kraftaufwand von Lenkbetätigungen

durch den Fahrzeugfahrer eine bestimmte Reaktion gemäß dem Steuerfluß auszuüben, der in dem Flußdiagramm von Fig. 8 gezeigt ist. Somit mindert die Kraftunterstützungssteuerung den beim Lenken des Fahrzeugs in einem Niedergeschwindigkeitsbereich erforderlichen Kraftaufwand und die Lenkreaktionssteuerung erzeugt einen geeigneten Reaktionsbetrag, der den Fahrzeugfahrer am Ausüben eines übermäßigen Lenkvorgangs hindert, so daß sich die Gierbewegung des Fahrzeugs geeignet steuern und die Querstabilität des Fahrzeugs verbessern läßt.

Insbesondere werden in Schritt 21 die Fahrzeuggeschwindigkeit, die Lenkbelastung (genauer gesagt, die durch die Zahnstange entgegenwirkende Last) und die Gierrate gelesen, und in Schritt 22 wird die Fahrerfahrung geschätzt. Die Kraftunterstützungsvorrichtung 24 wird gesteuert und das Lenkreaktionsdrehmoment wird gemäß der erfaßten Gierrate und der Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers in Schritt 23 in geeigneter Weise festgelegt.

Wie in der Graphik neben dem Schritt 23 in Fig. 8 gezeigt, wird das Lenkreaktionsdrehmoment für eine gegebene Gierrate gesteuert oder der Verstärkungsfaktor wird verringert, wenn es sich um einen erfahrenen Fahrzeugfahrer handelt, jedoch wird das Lenkreaktionsdrehmoment für eine gegebene Gierrate erhöht oder der Verstärkungsfaktor wird erhöht, wenn es sich um einen unerfahrenen Fahrzeugfahrer handelt. Somit wird die Information direkt auf den Fahrzeugfahrer übertragen, wenn er erfahren ist, und er kann das Lenkverhalten des Fahrzeugs positiv steuern, um das Fahrzeug flott zu manövrieren. Umgekehrt, wenn es sich um einen unerfahrenen Fahrzeugfahrer handelt, erzeugt das Steuersystem eine Reaktion, die den Fahrzeugfahrer an einer Überreaktion auf die Fahrzeugantwort hindert und das Fahrzeug stabilisiert.

In Schritt 24 wird ein Lenkbelastungseigenschaftswert T_{kv} aus dem Lenkwinkel Θ_h und der Fahrzeuggeschwindigkeit V gemäß einer vorprogrammierten Graphik oder Tabelle als ein Bezugslenkdrehmomentwert bestimmt. In Schritt 25 wird der in Schritt 23 bestimmte Lenkdrehmomentwert mit T_{kv} verglichen. Der Programmfluß geht dann zu Schritt 26 weiter, um das Lenkdrehmoment zu mildern (Erhöhung der Kraftunterstützung), wenn der Lenkdrehmoment größer als T_{kv} ist, und kehrt andernfalls zu Schritt 21 zurück, um denselben Prozeß zu wiederholen.

Fig. 9 ist ein Blockdiagramm der zweiten Ausführung der Erfindung, ausgebildet als ein aktives Vierradlenksystem.

Ein Lenkrad 21 ist an einem Oberende einer Lenkwelle 22 befestigt, die mechanisch mit einer quer angeordneten Lenkstange 24 einer Vierradlenkvorrichtung 23 verbunden ist. Die zwei Enden der Lenkstange 24 sind durch Spurstangen mit entsprechenden Achsschenkeln verbunden, die Vorderräder 25 tragen. Eine Hinterradlenkvorrichtung 26 ist an einem hinteren Teil des Fahrzeugs angebracht und umfaßt eine Lenkstange 27, die quer angeordnet und zur Betätigung durch einen Elektromotor 28 geeignet ist. Die zwei Enden der Lenkstange 27 sind in ähnlicher Weise durch Spurstangen mit entsprechenden Achsschenkeln verbunden, die Hinterräder 29 tragen.

Die Vorder- und Hinterradlenkvorrichtungen 23 und 26 sind mit Lenkwinkelsensoren 30 bzw. 31 versehen, um den Lenkwinkel der Vorderräder und gegebenenfalls der Hinterräder zu messen. Die Lenkwelle 22 ist mit einem Lenkwinkelsensor 32 versehen. Die Räder 25

und 29 sind jeweils mit einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 33 versehen, und ein Querschleunigungssensor 34 und ein Gierratensensor 35 sind an geeigneten Teilen der Fahrzeugkarosserie angebracht. Diese Sensoren 30 bis 35 sind zur Steuerung des Elektromotors 26 elektrisch mit einer ECU 36 verbunden.

Die ECU 36 ist auch mit einer Fahrerfahrungsschätzvorrichtung 38 verbunden, ähnlich der der entsprechenden Vorrichtung der ersten Ausführung.

Wenn bei diesem Vierradlenksystem der Fahrzeugfahrer das Lenkrad 21 dreht, wird die Lenkstange 24 der Vorderradlenkvorrichtung 23 mechanisch betätigt und die Vorderräder 25 werden gelenkt. Gleichzeitig werden der Lenkwinkel des Lenkrads 21 und die Verschiebung der Lenkstange 24 durch die entsprechenden Sensoren 30 und 32 der ECU 36 zugeführt. Auf Basis des Lenkwinkels der Vorderräder 25, der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Gierrate und der geschätzten Fahrerfahrung des Fahrers bestimmt die ECU 36 den optimalen Lenkwinkel der Hinterräder 29 und treibt in Abhängigkeit davon den Elektromotor 26 an.

Fig. 10 ist ein Blockdiagramm der Steuervorrichtung dieses aktiven Vierradlenksystems, und Fig. 11 zeigt im Flußdiagramm den Steuerablauf dieses Systems.

Zuerst werden die Fahrzeuggeschwindigkeit V, der Lenkwinkel Θ und andere Daten der ECU 36 in Schritt 31 zugeführt, und in Schritt 32 wird die Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers ähnlich wie in der ersten Ausführung geschätzt. Ein Gierratenbezugsmodell erhält man aus dem Diagramm neben Schritt 33 von Fig. 11 gemäß der geschätzten Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers in Schritt 33, und die Abweichung der aktuellen Gierrate von der Bezugsmodellgierrate erhält man in Schritt 34. Wenn die Abweichung vorliegt oder einen bestimmten Schwellenwert überschreitet (Schritt 35), geht das Programm zu Schritt 36 weiter, und der optimale Lenkwinkel für die Hinterräder wird bestimmt und der Elektromotor 36 betätigt, so daß diese Abweichung in einer Weise beseitigt werden kann, die der geschätzten Erfahrung des Fahrzeugfahrers entspricht.

Auf diese Weise wird, wenn die Fahrerfahrung des Fahrers relativ hoch ist, der Lenkwinkel der Hinterräder für eine gegebene Abweichung der Gierrate gesteuert. Wenn umgekehrt die Fahrerfahrung des Fahrers relativ gering ist, wird der Lenkwinkel der Hinterräder für eine gegebene Abweichung der Gierrate erhöht. Für einen erfahrenen Fahrzeugfahrer, dem die dynamischen Zustände und die erwartete Reaktion des Fahrzeugs vollständig bewußt sind, wird daher der Lenkwinkel der Hinterräder auf Basis der Größe der Gierrate derart gesteuert, daß der Fahrzeugfahrer eine bessere Steuerung über das Fahrzeug hat, während das Lenksteuersystem nur einen geringen Einfluß nimmt. Umgekehrt werden für einen unerfahrenen Fahrzeugfahrer die Hinterräder durch das Lenksteuersystem positiv gelenkt, um das Lenkverhalten des Fahrzeugs zu stabilisieren.

Fig. 12 ist ein Blockdiagramm der Steuervorrichtung einer dritten Ausführung der Erfindung, ausgebildet als ein semiaktives Lenksystem, und Fig. 13 zeigt ein Flußdiagramm des Steuerprozesses. Gemäß diesem Lenksystem sind das Lenkrad und die lenkbaren Räder nicht mechanisch miteinander gekoppelt, und die lenkbaren Räder werden motorisch gemäß einem Ausgangssignal aus der ECU gesteuert, die Sensorsignale erhält, die den Lenkwinkel des Lenkrads, die Fahrzeuggeschwindigkeit, die Gierraten und andere Daten anzeigen. In dieser Ausführung sind sowohl die Vorderräder als auch die Hinterräder gelenkt.

Wenn bei diesem System der Fahrzeugfahrer das Lenkrad dreht, bestimmt die ECU den optimalen Lenkwinkel der Vorderräder gemäß dem Lenkwinkel des Lenkrads, der gegenwärtigen Lenkwinkel der Vorder- und Hinterräder, der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Gierrate und der geschätzten Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers und treibt den Elektromotor dementsprechend an.

Insbesondere werden die Fahrzeuggeschwindigkeit, der Lenkwinkel und andere Daten der ECU in Schritt 41 zugeführt, und die Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers wird ähnlich wie in den ersten und zweiten Ausführungen in Schritt 42 geschätzt. Ein Bezugsgierratenmodell auf Basis der geschätzten Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers erhält man in Schritt 43 ähnlich wie in der zweiten Ausführung. Die Abweichung der aktuellen Gierrate von der Bezugsmodellgierrate erhält man in Schritt 44. Wenn die Abweichung größer als ein vorbestimmter Schwellenwert ist (Schritt 45) geht der Programmfluß zu Schritt 46 weiter, um den optimalen Lenkwinkel der Vorderräder zur Beseitigung der Abweichung gemäß der geschätzten Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers zu bestimmen und dementsprechend die Vorderräder zu lenken.

In Schritt 47 wird ein Muster des Lenkwinkels der Hinterräder aus der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem Lenkwinkel und anderen in Schritt 41 zugeführten Daten programmiert. Die Hinterräder werden dann gemäß diesem Programm in Schritt 48 gelenkt.

Wenn der Fahrzeugfahrer eine relativ hohe Fahrerfahrung hat, ist der Verstärkungsfaktor für den Lenkwinkel der Vorderräder für eine gegebene Abweichung groß und das Fahrzeug wird empfindlicher. Wenn der Fahrzeugfahrer eine relativ niedrige Fahrerfahrung hat, wird der Verstärkungsfaktor gemindert. Somit kann ein erfahrener Fahrzeugfahrer sein Fahrzeug wunschgemäß manövrieren und kann das Fahrzeug flott handhaben. Für einen unerfahrenen Fahrzeugfahrer ist das Fahrzeug auf Lenkeingangssignale weniger empfindlich und daher für den Fahrzeugfahrer weniger ermüdend.

Erfindungsgemäß wird die Steuereigenschaft des Fahrzeugsteuersystems gemäß der geschätzten Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers geändert, und die Handhabung des Fahrzeugs läßt sich an die Fahrerfahrung des Fahrzeugfahrers anpassen. Ein erfahrener Fahrzeugfahrer wird die flotte Handhabung des Fahrzeugs begrüßen und er kann das Fahrzeug wunschgemäß manövrieren, während ein unerfahrener Fahrzeugfahrer die stabile Handhabung des Fahrzeugs begrüßen und das Fahrzeug leichter zu handhaben und weniger ermüdend empfinden wird. Die Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers wird danach bestimmt, wie der Fahrer eines Fahrzeugs bei der Fahrt dieses bedient. Die Fahrt läßt sich durch Vergleich eines aktuellen Fahrwegs des Fahrzeugs mit einem idealen oder Bezugsfahrweg abschätzen. Die geschätzte Fahrerfahrung wird als ein Steuerparameter eines Fahrzeuglenksystems verwendet, welches beispielsweise eine von der Gierrate des Fahrzeugs abhängige Lenkeigenschaft vorsieht oder der Gierrate des Fahrzeugs entsprechende Reaktion hervorruft, die einem Lenkeingangssignal entgegenwirkt. Somit wird ein erfahrener Fahrzeugfahrer die flotte Handhabung des Fahrzeugs begrüßen und kann das Fahrzeug wunschgemäß manövrieren, während ein unerfahrener Fahrzeugfahrer die stabile Handhabung des Fahrzeugs begrüßen und das Fahrzeug leichter zu handhaben und weniger ermüdend empfinden wird.

1. System zum Steuern einer Fahrzeuglenkvorrichtung (3; 26) gemäß einem Betriebszustand eines Fahrzeugs, umfassend: 5
Mittel (7, 8, 9, 10, 15, 16, 17, 18; 30 bis 35) zum Erfassen eines Betriebszustands des Fahrzeugs;
Mittel (5; 36) zum Steuern der Fahrzeuglenkvorrichtung (3; 26) gemäß Daten des, von den Erfassungsmitteln erfaßten Betriebszustands; 10
Mittel (13; 38) zum Schätzen einer Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers gemäß einem von dem Fahrzeugfahrer durchgeführten Bedienungsvorgang; und
Mittel (5; 38) zum Modifizieren einer Eigenschaft der Steuermittel gemäß der von dem Fahrerfahrungs-schätzmittel (13; 38) erfaßten Fahrerfahrung. 15
2. Steuersystem nach Anspruch 1, in dem der Betriebszustand eine Gierbewegung des Fahrzeugs enthält, und ein Eingriffspegel der Steuermittel (5; 20 36) auf die Lenkvorrichtung (3; 26) verringert wird, wenn die erfaßte Fahrerfahrung relativ hoch ist.
3. Steuersystem nach Anspruch 2, in dem das Steuermittel (5; 36) ein Antriebssignal für ein motorisches Betätigungsglied (4) ausgibt, um eine Abweichung einer aktuellen Gierrate von einer Bezugs- 25 gierrate, die aus Daten einschließlich eines Lenkeingangssignals und einer Fahrzeuggeschwindigkeit berechnet ist, zu beseitigen.
4. Steuersystem nach Anspruch 3, in dem das motorische Betätigungsglied (4) Vorderräder des Fahr- 30 zeugs lenkt.
5. Steuersystem nach Anspruch 3, in dem das motorische Betätigungsglied (28) Hinterräder des Fahr- 35 zeugs lenkt.
6. Steuersystem nach Anspruch 2, in dem das Steuermittel (5; 36) ein Antriebssignal an ein motorisches Betätigungsglied (4; 28) der Lenkvorrichtung (3; 26) gemäß einem dynamischen Zustand des 40 Fahrzeugs ausgibt, und das Modifizierungsmittel (5; 38) eine Eigenschaft des Steuermittels (5; 36) zur Minderung einer Ansprechempfindlichkeit des Betätigungsglieds (4; 28) modifiziert.
7. Steuersystem nach Anspruch 1, in dem das Fahrzeuglenksystem ein Reaktionserzeugungsmittel (5; 45 36) umfaßt, welches eine Lenkreaktion an einem Lenkrad (1; 21) des Fahrzeugs in Abhängigkeit von einer gegenwärtigen Gierrate des Fahrzeugs hervorruft, wobei die Reaktion geringer wird, wenn die erfaßte Fahrerfahrung relativ hoch ist. 50
8. System zum Schätzen einer Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers gemäß einem von dem Fahrzeugfahrer ausgeübten Bedienungsvorgang, umfassend: 55
Mittel (17) zum Bestimmen eines aktuellen Fahrwegs des Fahrzeugs;
Mittel (10, 15, 16, 13) zum Bestimmen eines Bezugsfahrwegs gemäß einem von dem Fahrzeugfahrer ausgeübten Bedienungsvorgang;
Mittel (5) zum Integrieren einer Abweichung zwischen dem Bezugsfahrweg und dem aktuellen 60 Fahrweg; und
Mittel (5) zum Vergleichen eines von dem Integrieremittel (5) erzeugten Werts mit einem vorbestimmten Bezugswert und Bewerten der Fahrerfahrung gemäß einem Ergebnis des Vergleichs. 65
9. System zum Schätzen einer Fahrerfahrung eines Fahrzeugfahrers gemäß einem von dem Fahrzeugfahrer ausgeübten Bedienungsvorgang, umfassend:

- Mittel (17) zum Bestimmen eines aktuellen Fahrwegs des Fahrzeugs;
Mittel zum Bestimmen eines Bezugsfahrwegs aus Daten einer vorprogrammierten Karte eines weltweiten Ortungssystems (GPS);
Mittel (5) zum Integrieren einer Abweichung zwischen dem Bezugsfahrweg und dem aktuellen Fahrweg; und
Mittel zum Vergleichen eines von dem Integrieremittel erzeugten Werts mit einem vorbestimmten Bezugswert und Bewerten der Fahrerfahrung in Abhängigkeit von einem Ergebnis des Vergleichs.
10. Fahrerfahrungs-schätzsyste nach Anspruch 8, welches weiter Mittel (18) zum Schätzen eines Straßenzustands umfaßt, wobei das Schätzmittel (13; 38) von dem durch das Straßenzustands-schätzmittel (18) geschätzten Straßenzustand berichtigt wird.

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 1

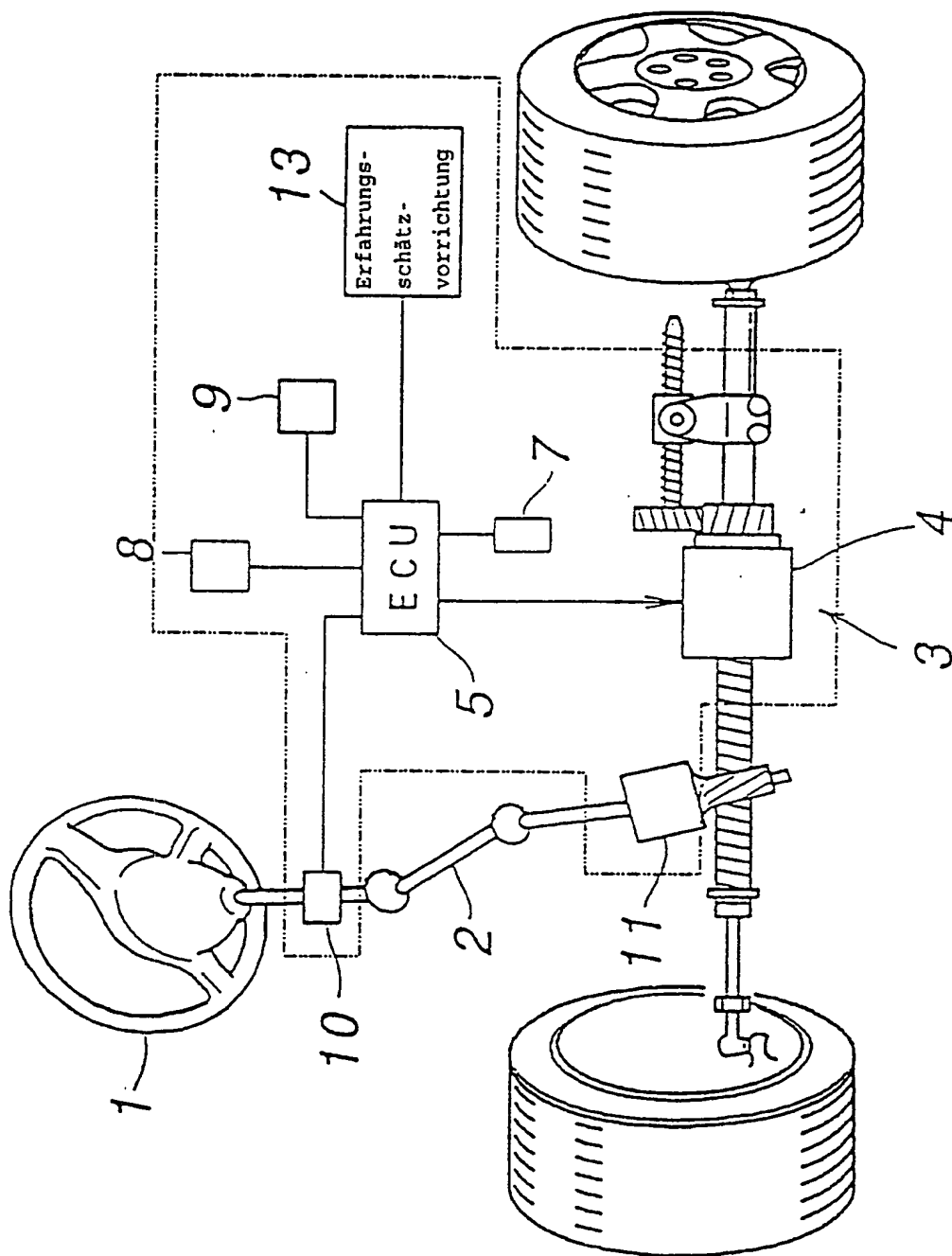


Fig. 2

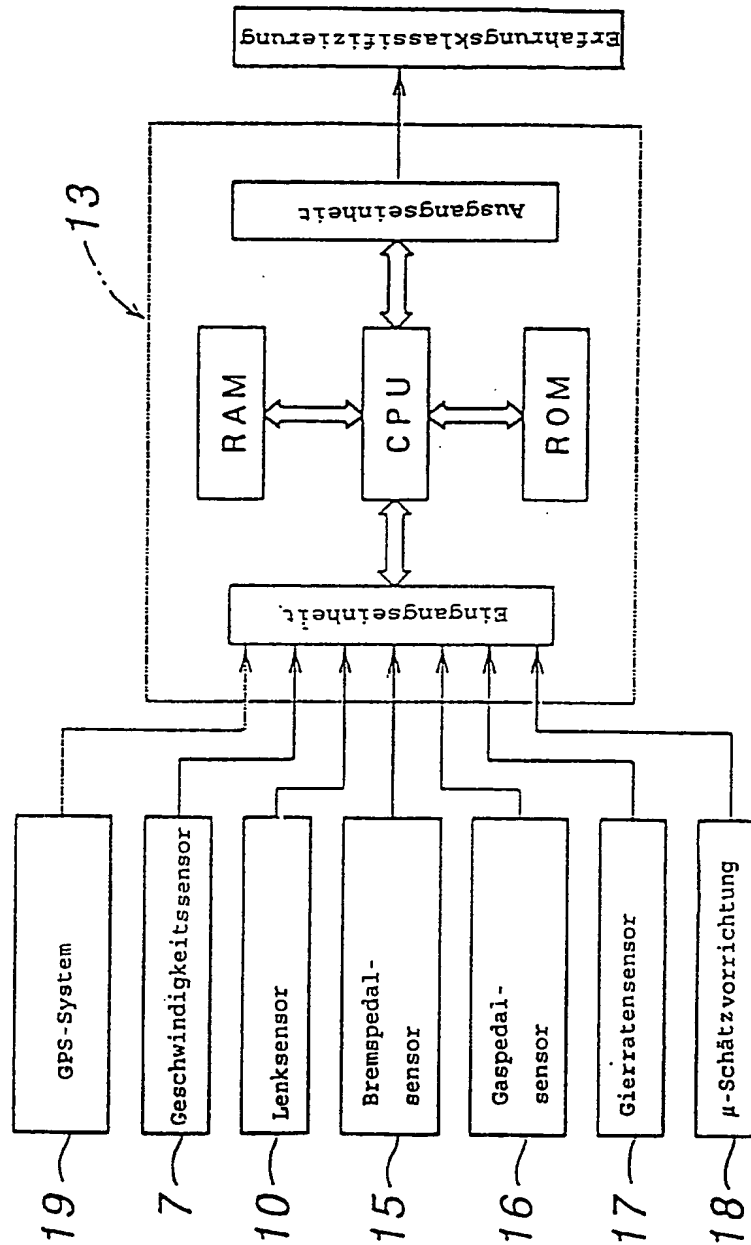


Fig. 3

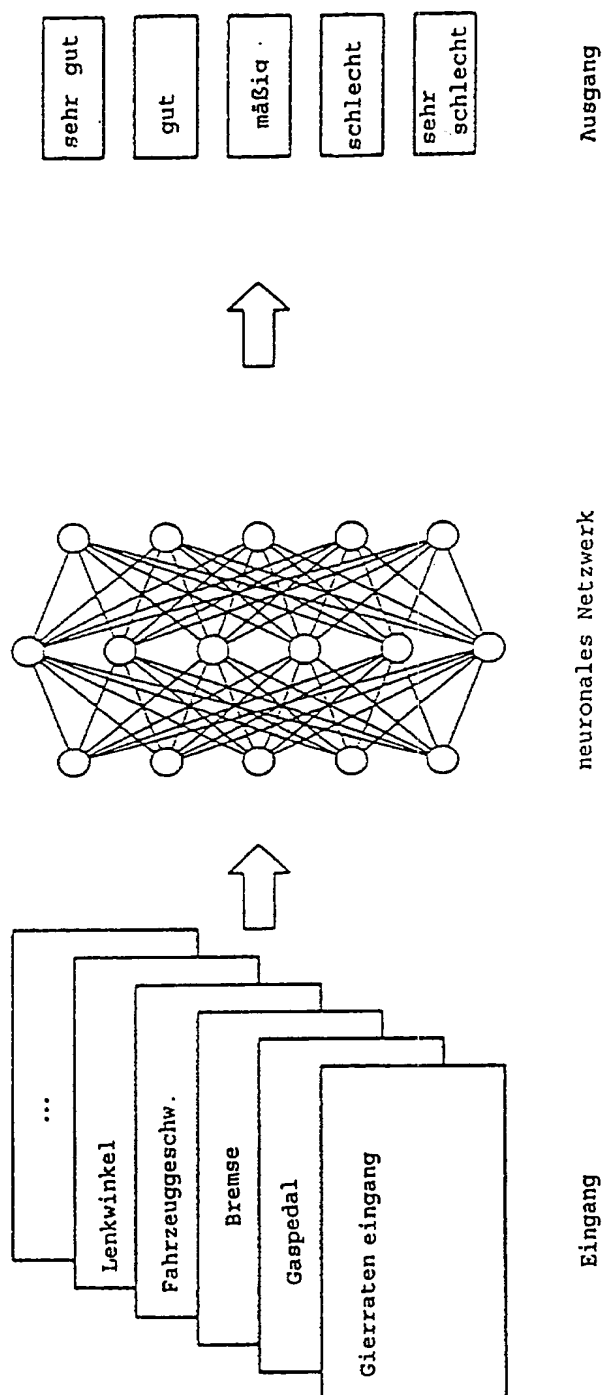


Fig. 4

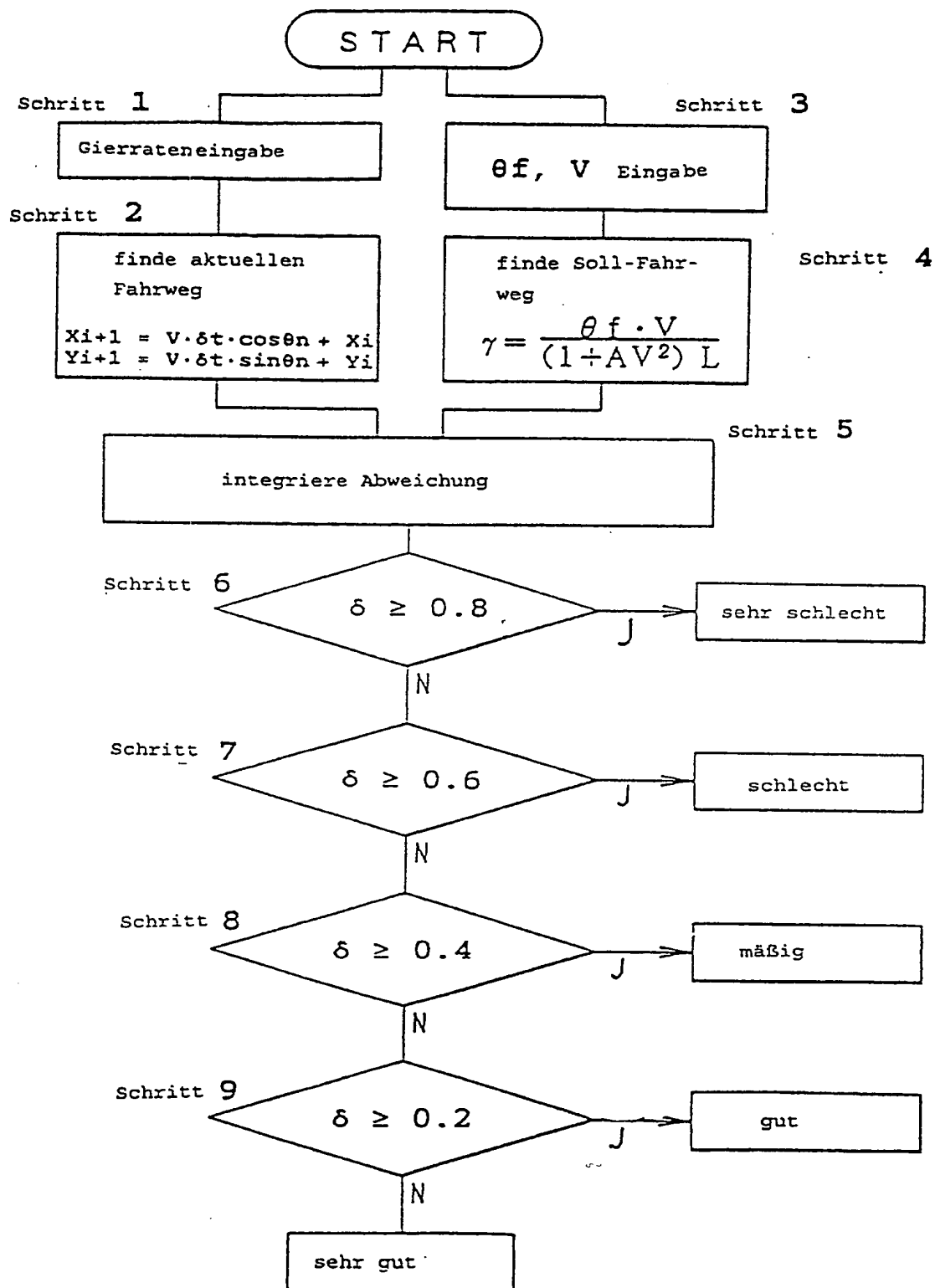


Fig. 5

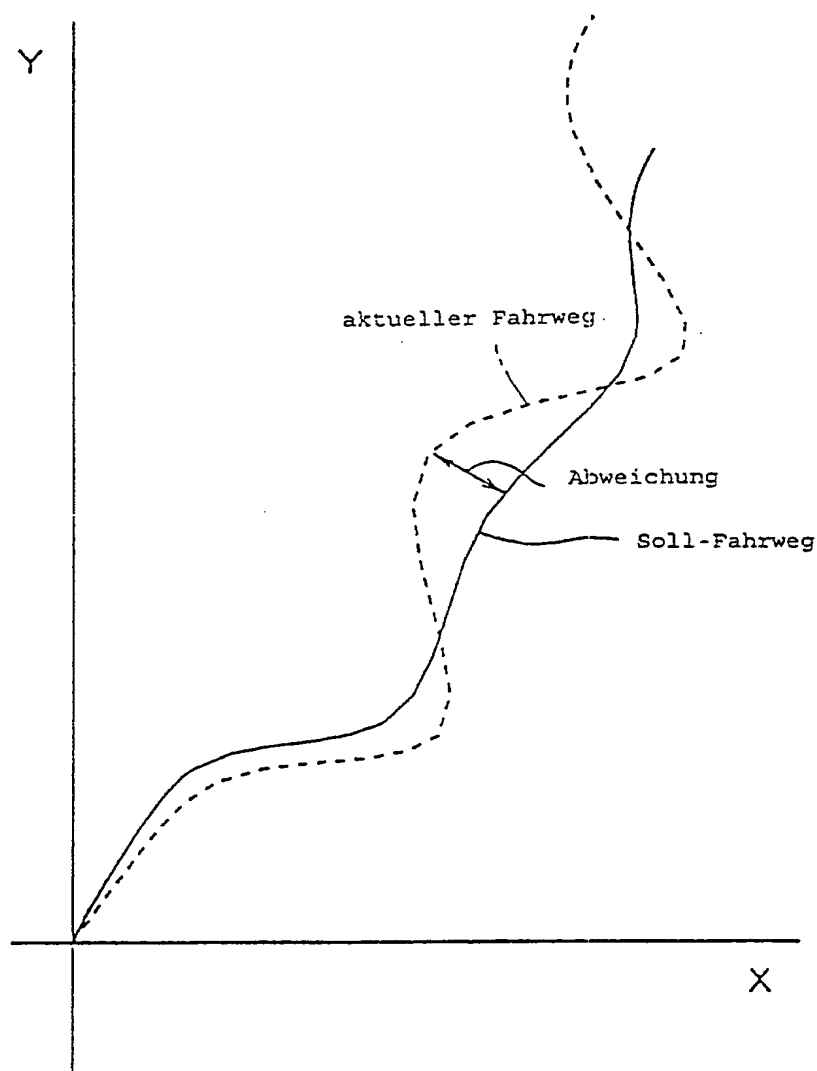


Fig. 6

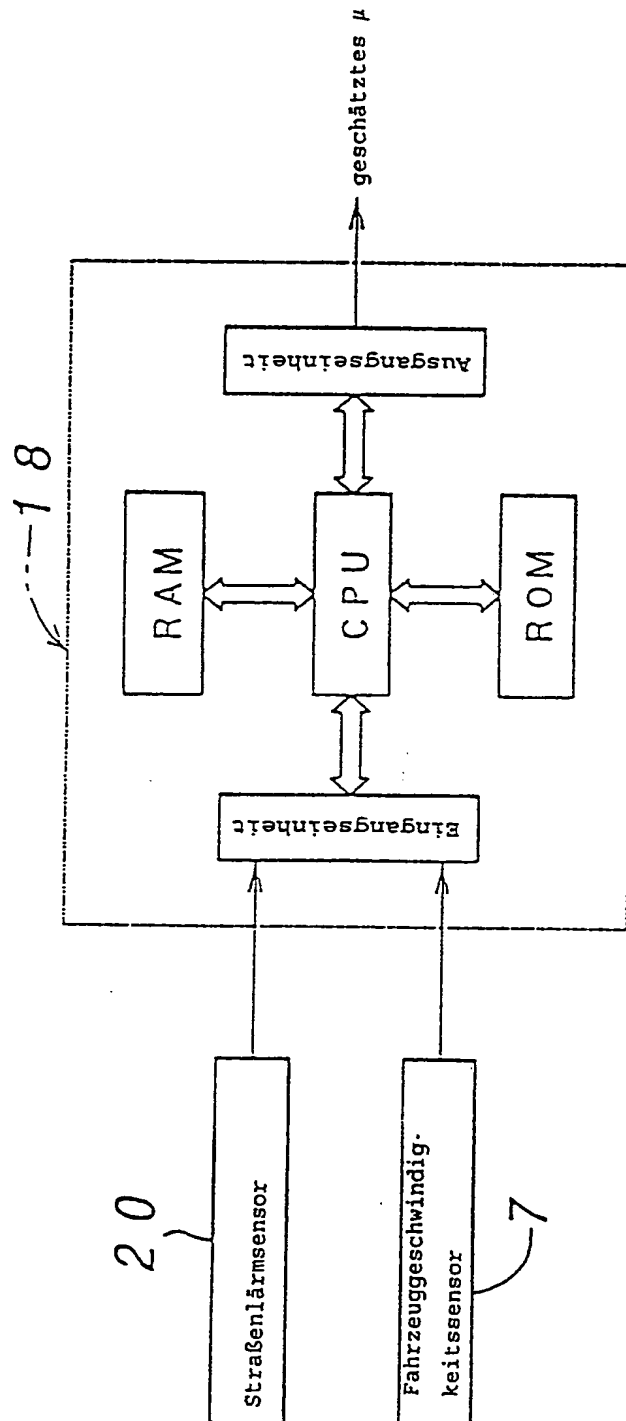


Fig. 7

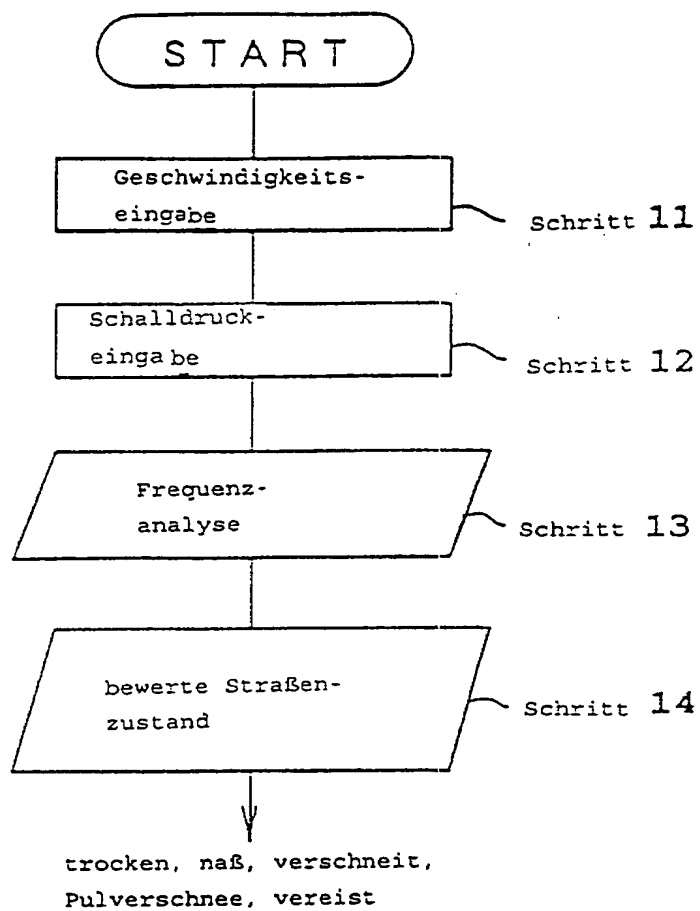


Fig. 8

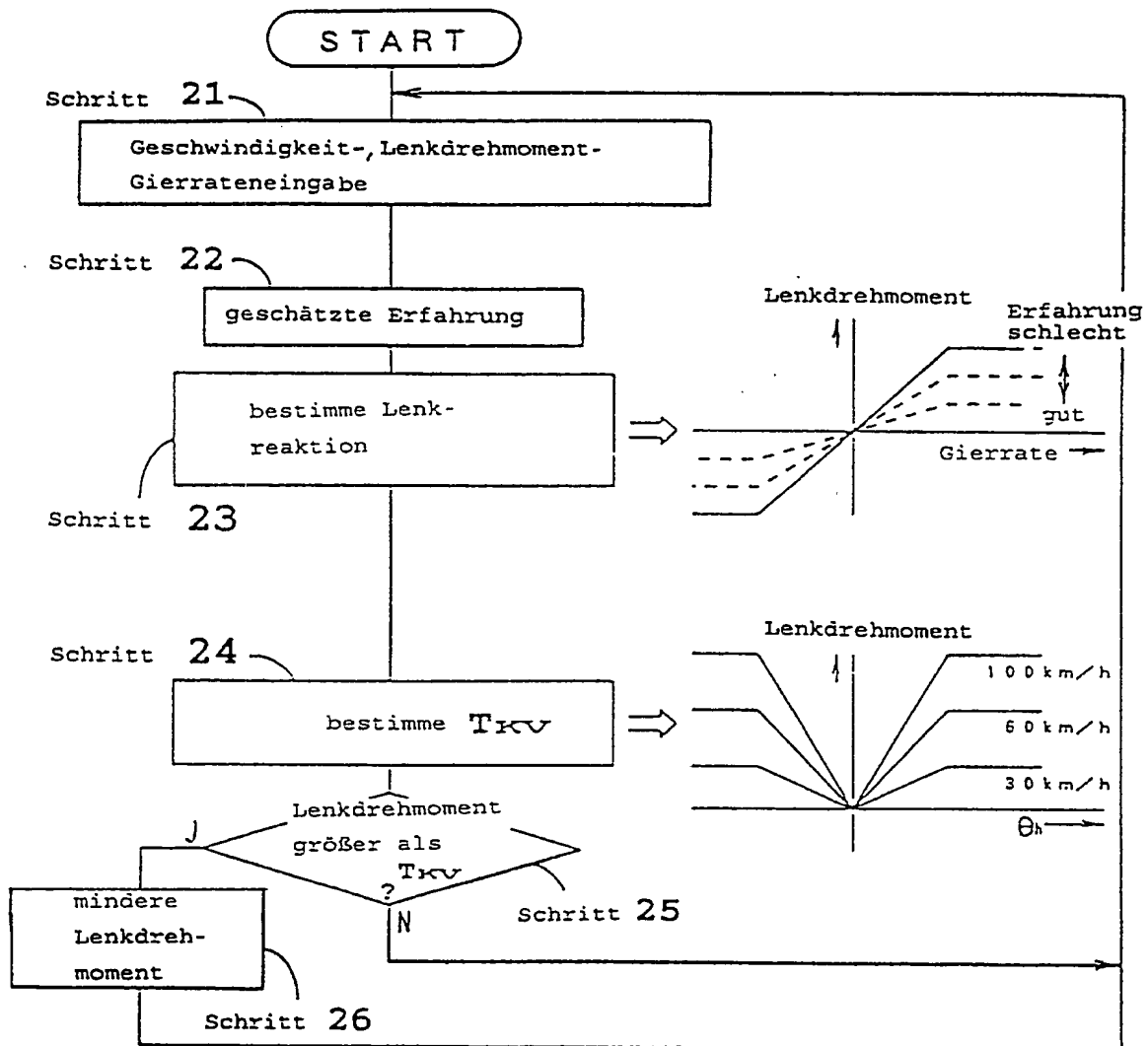


Fig. 9

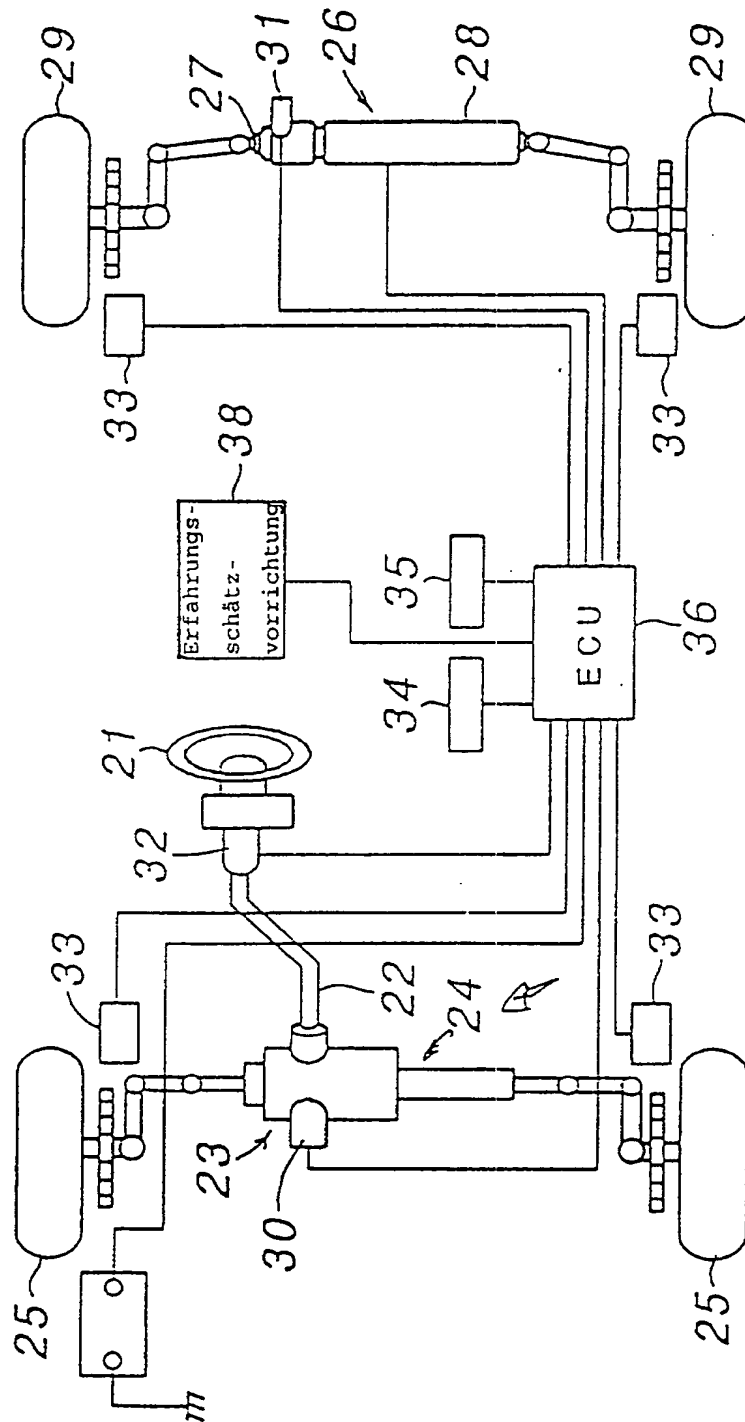


Fig. 10

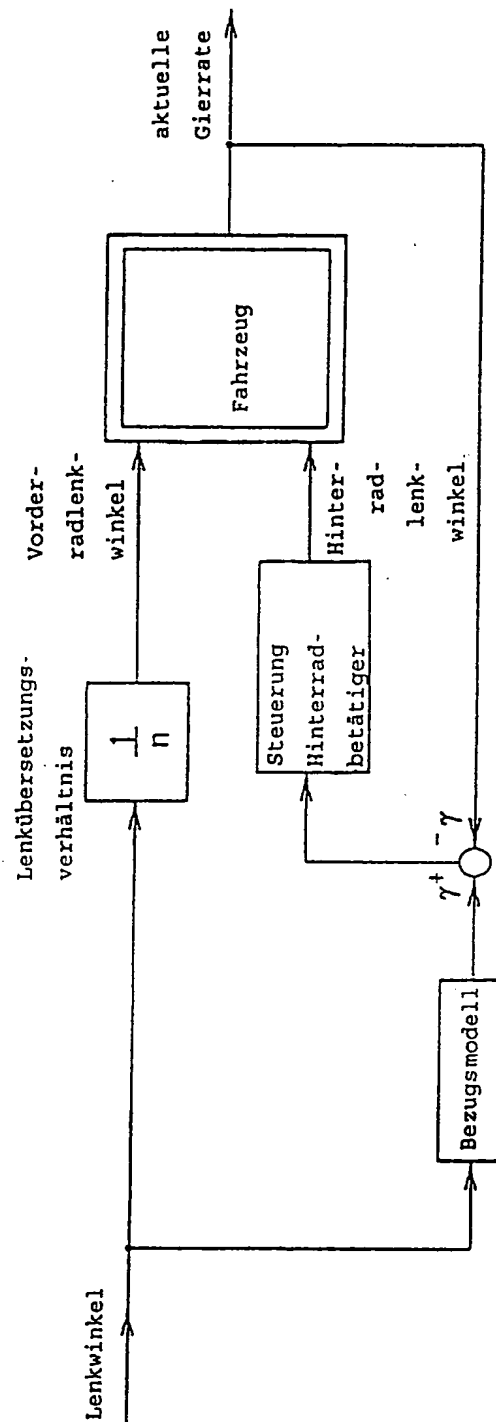


Fig. 11

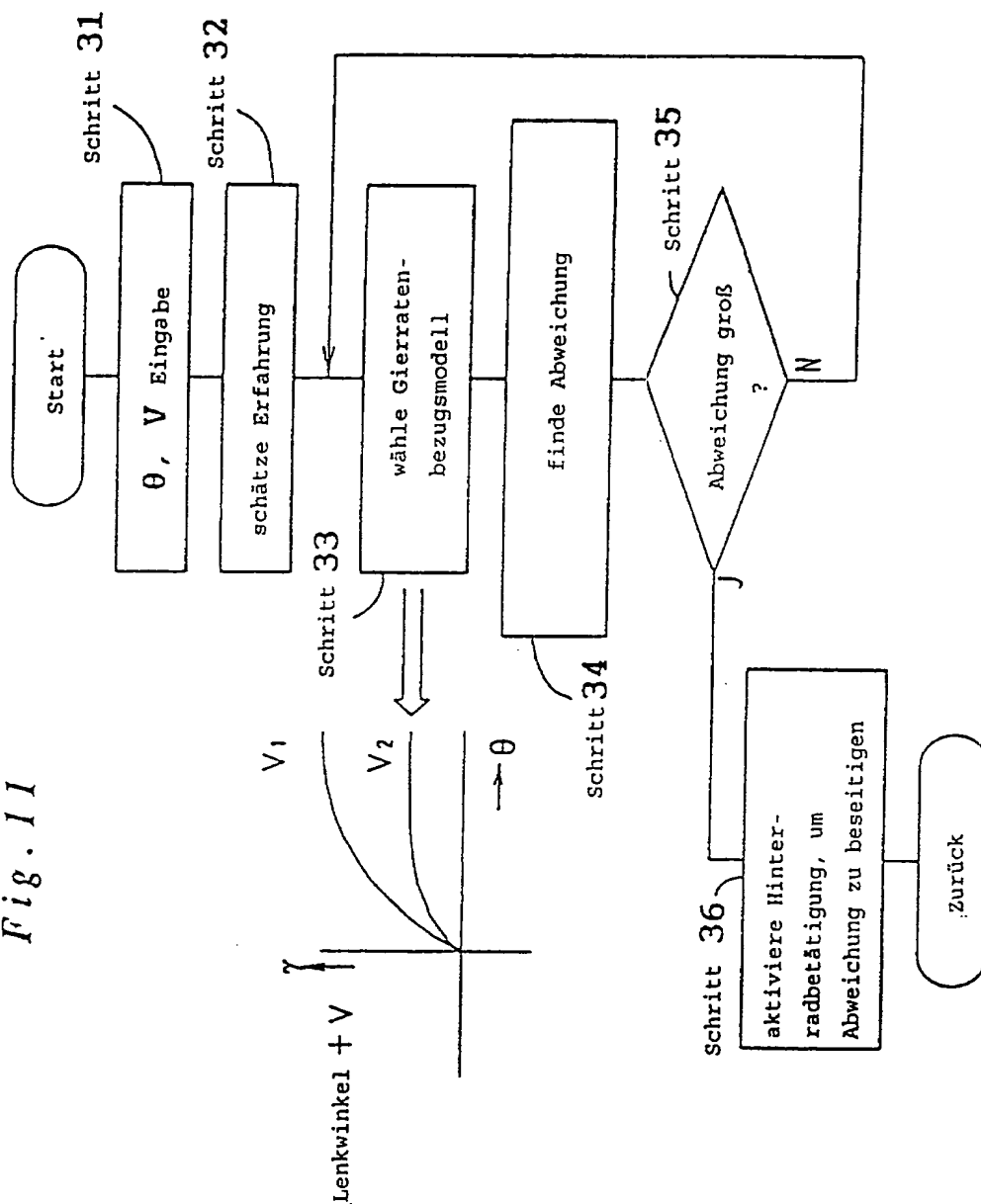


Fig. 12

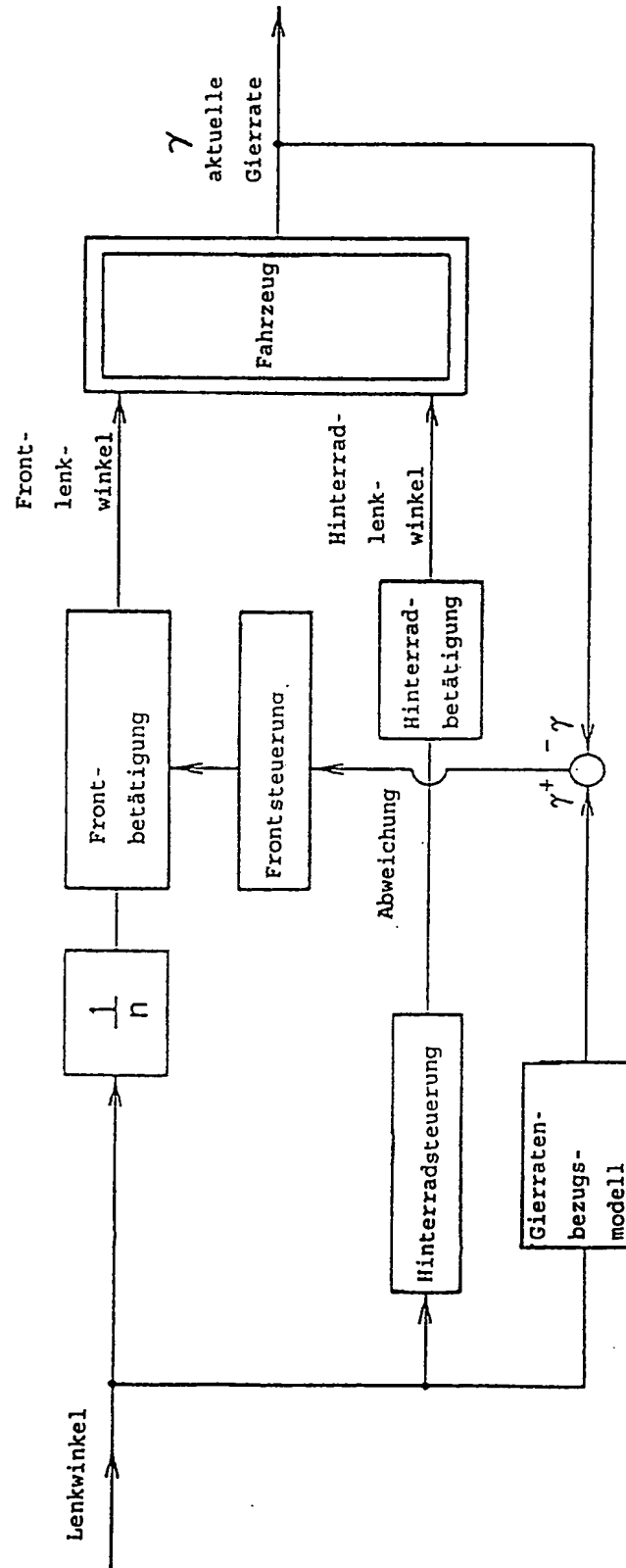


Fig. 13

